

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА
ШЕВЧЕНКА**

**Факультет радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем
Кафедра комп'ютерної інженерії**

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник декана з навчальної роботи

_____ Олексій НЕЧИПОРУК

«___» _____ 2022 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

“Фізика напівпровідників”

для студентів

галузь знань	10 Природничі науки
спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
рівень вищої освіти	бакалавр
освітньо-наукова програма	“Еконофізика”
вид дисципліни	вибіркова

Форма навчання	денна
Навчальний рік	2022/2023
Семестр	7
Кількість кредитів ECTS	3
Мова викладання, навчання та оцінювання	українська
Форма заключного контролю	іспит

Викладач:

Юрій ПЕРВАК, доктор фіз-мат наук, професор кафедри комп'ютерної інженерії

Пролонговано: на 20__/20__ н. р. _____ (_____) « ___ » _____ 20__ р.
на 20__/20__ н. р. _____ (_____) « ___ » _____ 20__ р.

КИЇВ – 2022

Розробник:

Юрій ПЕРВАК, доктор фіз-мат наук, професор кафедри комп'ютерної інженерії

«ЗАТВЕРДЖЕНО»

Завідувач кафедри комп'ютерної інженерії

_____ **Юрій Бойко**

Протокол № ____ від « ____ » _____ 2022 р.

Схвалено науково-методичною комісією факультету радіофізики, електроніки та комп'ютерних систем

Протокол № ____ від « ____ » _____ 2022 р.

Голова науково-методичної комісії **Сергій РАДЧЕНКО**

« ____ » _____ 2022 р.

ВСТУП

1. Мета дисципліни: вивчення фізичних основ роботи базових елементів напівпровідникової електроніки та приладів на їх основі, зв'язку фізичних параметрів напівпровідникових структур з їх основними електрофізичними характеристиками та функціональними можливостями.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Навчальна дисципліна “Фізика напівпровідників” базується на циклі дисциплін професійної та практичної підготовки: “Математичний аналіз”, “Атомна фізика”, “Електродинаміка”, “Квантова механіка”, “Фізика твердого тіла”.

3. Анотація навчальної дисципліни:

У курсі “Фізика напівпровідників” розглядаються основи загальної теорії напівпровідників, кристалічна структура напівпровідників, кристалічні ґратки, класифікація ґраток Браве та кристалічних структур, пряма та обернена ґратки кристалу, фізика електрону у періодичному потенціалі, основи зонної теорії напівпровідників, коливання атомів в кристалічній ґратці, фонони, дефекти в реальних кристалах, статистика електронів у напівпровідниках, хімічний зв'язок та основні закономірності у зв'язках, методи вимірювання питомого опору напівпровідникових матеріалів, фізичні процеси в напівпровідниках (ефект Холла, термомагнітні і термоелектричні ефекти, дифузія та дрейф носіїв заряду, бар'єр Шоттки, р-п-перехід, ефект поля, МДП структури, герероструктури), класифікація, конструкції, принципи роботи, основні параметри і характеристики напівпровідникових приладів (діодів, транзисторів, тиристорів, семісторів).

4. Завдання навчальної дисципліни (навчальні цілі):

1. Надати основні відомості з курсу “Фізика напівпровідників”, які складають важливу частину загально-наукової підготовки студента за спеціальністю “Прикладна фізика та наноматеріали”.

2. Надати студентам знання, що можуть знадобитися їм у їх професійній роботі по завершенні навчання в університеті.

3. Дисципліна спрямована на формування програмних компетентностей:

ЗК-9. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ФК-1. Здатність брати участь у плануванні та виконанні наукових та науково-технічних проектів.

ФК-3. Здатність брати участь у проведенні експериментальних досліджень властивостей фізичної системи, фізичних явищ і процесів.

ФК-7. Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії, економіки та комп'ютерних технологій.

ФК-10. Здатність використовувати знання про природу об'єктів у роботах по створенню нових методик розрахунків.

Освітня компонента спрямована на досягнення таких Програмних результатів навчання:

ПРН-1. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики, прикладної економіки.

ПРН-2. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики, методи розрахунків при розв'язанні економічних задач

ПРН-7. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, економічних процесів, розробки приладів і наукоємних технологій

5. Результати навчання за дисципліною:

Результат навчання (1, знати; 2, вміти; 3, комунікація; 4, автономність та відповідальність)		Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1	студент повинен знати :	лекційні заняття	письмові модульні контрольні роботи, іспит	до 45
1.1	фізичні моделі базових елементів напівпровідникових приладів, еквівалентні схеми та електрофізичні характеристики базових елементів напівпровідникових приладів.	лекція	іспит	10
1.2	основні типи напівпровідникових структур.	лекція	іспит	10
1.3	основні фізичні властивості діелектриків, напівпровідників, металів.	лекція	іспит	10
1.4	методи виготовлення та застосування простих напівпровідникових приладів.	лекція	іспит	15
2	студент повинен вміти :	лекційні заняття, заняття з використанням математичних пакетів	письмові модульні контрольні роботи, оцінювання виконання завдань для самостійної роботи	до 45
2.1	будувати та пояснювати зонні діаграми базових елементів напівпровідникової електроніки.	лабораторні	МКР	20
2.2	розраховувати електрофізичні характеристики базових елементів напівпровідникових приладів та визначати фізичні параметри напівпровідникових структур та матеріалів за їх електрофізичними характеристиками.	лабораторні	МКР	25
3	комунікація	лекційні заняття, заняття з використанням математичних пакетів		до 5
3.1	здатність грамотно будувати комунікацію, виходячи з мети і ситуації спілкування.	лабораторні	МКР	5
4	автономність та відповідальність	лекційні заняття	письмові модульні контрольні роботи	до 5
4.1	продемонструвати розуміння особистої/персональної відповідальності за професійні та/або управлінські рішення, які базуються на використанні математичних методів	лабораторні	МКР	5

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

результати навчання дисципліни (код)	1.1	1.2	1.3	1.4	2.1	2.2	3.1	4.1
Програмні результати навчання (назва)								
знання								
ПРН-1. Знати і розуміти сучасну фізику на рівні, достатньому для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем прикладної фізики, прикладної економіки	+	+	+	+				
ПРН 2. Застосовувати ефективні технології, інструменти та методи експериментального дослідження властивостей речовин і матеріалів, включаючи наноматеріали, при розв'язанні практичних проблем прикладної фізики, методи розрахунків при розв'язанні економічних задач					+	+	+	+
ПРН 7. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, економічних процесів, розробки приладів і наукоємних технологій.					+	+	+	+

7. Схема формування оцінки

7.1. Форми оцінювання

Рівень досягнення всіх запланованих результатів навчання визначається за результатами Виконання лабораторних робіт, написання письмових контрольних робіт та письмової екзаменаційної роботи. Внесок результатів навчання у підсумкову оцінку, за умови їх опанування на належному рівні:

- результати навчання 1.1 – 1.4 [знання] – до 45 %;
- результат навчання 2.1 – 2.2 [вміння] – до 45%;
- результат навчання 3.1 [комунікація] – до 5%;
- результат навчання 4.1 [автономність та відповідальність] – до 5%;

Форми оцінювання:

- **семестрове оцінювання:** Навчальний семестр має три змістовні модулі. Після завершення лекцій №7 та №12 проводяться письмові модульні контрольні роботи. Обов'язковим для допуску до іспиту є: виконання лабораторних робіт з оцінкою не менше 15 та написання модульних контрольних робіт з сумарною кількістю балів не менше 15. Замість модульних контрольних робіт можуть бути зараховані самостійно виконані студентом завдання за тематикою лабораторних робіт.

- **підсумкове оцінювання (у формі іспиту):** форма іспиту – письмова. Екзаменаційний білет складається з 2 питань, питання оцінюються по 20 балів. Всього за іспит можна отримати від 0 до 40 балів. Умовою досягнення позитивної оцінки за дисципліну є отримання не менш ніж 60 балів, оцінка за іспит не може бути меншою 20 балів.

- **умови допуску до підсумкового іспиту:** умовою допуску до іспиту є отримання студентом сумарно не менше, ніж *критично-розрахунковий мінімум* за семестр, **30** балів. Студенти, які протягом семестру сумарно набрали меншу кількість балів, ніж критично-розрахунковий мінімум у 30 балів, для одержання допуску до іспиту обов'язково повинні виконати додаткове завдання за тематикою семінарів.

У випадку відсутності студента з поважних причин відпрацювання та перездачі модульних контрольних робіт допуск до іспиту здійснюється у відповідності до “Положення про організацію освітнього процесу у Київському національному університеті”.

7.2. Організація оцінювання;

Оцінювання за формами контролю:

Семестрова робота	Кількість балів	
	Min. – 12	Max. – 20
Модульна контрольна робота 1	10	20
Модульна контрольна робота 2	10	20
Лабораторні роботи	20	40

Орієнтований графік оцінювання:

Форма оцінювання	Орієнтовний період для здійснення відповідної форми оцінювання
Модульна контрольна робота 1	березень
Модульна контрольна робота 2	квітень
Лабораторні роботи	з січня по травень
Добір балів/додаткова контрольна робота	травень
Іспит	червень

Розрахунок балів, які отримують при успішній здачі іспиту:

Значення	Протягом семестру	Іспит	Підсумкова
Мінімум	40	20	60
Максимум	60	40	100

7.3. Шкала відповідності оцінок

Оцінка (за національною шкалою) / National grade	Рівень досягнень, % / Marks, %
Відмінно / Excellent	90-100%
Добре / Good	75-89%
Задовільно / Satisfactory	60-74%
Незадовільно / Failed	0 -59%

8. Структура навчальної дисципліни. Тематичний план лекційних занять

№	Назва теми	Кількість годин		
		лекції	лабораторні	самостійна робота
Змістовний модуль №1				
1	Вступ. Елементи кристалографії.	4	-	2
2	Електрон у періодичному потенціалі.	2	-	2
3	Зонна теорія.	2	-	2
4	Коливання атомів кристалу.	2	-	2
5	Дефекти в реальних кристалах.	2	-	2
6	Статистика електронів у напівпровідниках в умовах термодинамічної рівноваги.	2	-	2
7	Хімічні зв'язки в твердих тілах. Іонний, ковалентний та змішаний.	2	5	КР-1
Змістовний модуль №2				

8	Методи вимірювання питомого опору.	2	-	2
9	Ефект Холла і термомагнітні ефекти.	2	-	2
10	Дифузія та дрейф носіїв заряду.	2	-	2
11	Бар'єри Шоттки, р-n переходи і гетеропереходи.	4	-	2
12	Фізика поверхні МДН-структури.	2	5	КР-2
Змістовний модуль №3				
13	Діоди.	2	-	2
14	Біполярний транзистор.	3	-	2
15	Польовий транзистор.	4	-	2
16	Тиристри.	4	-	2
17	Діод Ганна.	4	5	2
	Всього	45	15	30

Загальний обсяг **90** год., в тому числі:

Лекції **45** год.

Лабораторні **15** год

Самостійна робота **30** год.

8. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

- [1]. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука, 1978.
- [2]. О.В. Третьяк, В.З. Лозовський. Основи фізики напівпровідників. В 2 т. – К.: ВПЦ “Київський університет”, 2007.
- [3]. Зи С.М. Физика полупроводниковых приборов. – Москва: Мир, 1984, Т.1. 453 с.
- [4]. Зи С.М. Физика полупроводниковых приборов. – Москва: Мир, 1984, Т.2. 455 с.
- [5]. В.И. Стриха. Контактные явления в полупроводниках. – Киев: Вища школа, 1982, 223 с.
- [6]. А.Г. Шкавро Практикум з фізики напівпровідникових приладів. Ч.1. Київ: КНУ, 2007, 64 с.
- [7]. В.З. Лозовський, К.В. Покидько, Г.М. Стрільчук. Практикум з фізики напівпровідників. Ч.1. Київ. КНУ. 2009. – 71 с.
- [8]. В.З. Лозовський, К.В. Покидько, Г.М. Стрільчук. Практикум з фізики напівпровідників. Ч.2. Київ. КНУ. 2009. – 71 с.
- [9]. А.Г. Шкавро. Практикум з фізики напівпровідникових приладів. Ч.ІІ. Київ: КНУ, 2007, 60 с.
- [10]. В. Гуртов. Твердотельная электроника. М.: Техносфера. 2005. 408 с.
- [11]. ЗайманДж. Принципы теории твердого тела. – М: Мир, 1974.
- [12]. Neamen D. Semiconductor Physics and Devices. – N.Y.: McGraw-Hill, 2003.
- [13]. Kasap S.O. Principles of Electronic Materials and Devices. – N.Y.: McGraw-Hill, 2005.
- [14]. Kwok K. NG Complete guide to semiconductor Devices, NewYork, 628 с.